

### СЕКЦИЯ 3

Современные научные исследования в области физико-математических и технических дисциплин

	Дифракционные линии										
	10 $\bar{1}2$	10 $\bar{1}4$	11 $\bar{2}0$	10 $\bar{1}5$	20 $\bar{2}0$	20 $\bar{2}2$	10 $\bar{1}7$	20 $\bar{2}5$	21 $\bar{3}0$	12 $\bar{3}2$	0009
Зеркальная поверхность											
1	5,1	0,0	0,0	0,1	4,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	5,0	0,0	0,0	0,1	4,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	4,9	0,1	0,0	0,0	4,2	0,5	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
4	1,3	0,1	0,2	0,7	5,6	0,6	0,0	0,0	0,2	1,4	0,9
Шероховатая поверхность											
1	6,5	0,1	0,1	0,2	1,1	0,8	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1
2	6,5	0,1	0,1	0,2	1,4	0,9	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
3	5,4	0,1	0,1	0,2	2,9	0,7	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
4	1,1	0,1	0,2	0,7	5,9	0,6	0,0	0,0	0,2	1,4	0,9

Исходные фольги имеют выраженную двойную текстуру (10 $\bar{1}2$ ) + (20 $\bar{2}0$ ). Компонент текстуры (10 $\bar{1}2$ ) при температурах отжига выше 180 °С ослабевает, а компонент текстуры (20 $\bar{2}0$ ) усиливается. Указанная закономерность наблюдалась ранее и для фольг такого же состава, но полученных двухсторонним охлаждением (прокаткой между двух дисков).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЯЗИ КОСТНО-МЫШЕЧНОЙ МАССЫ С ОБЩЕЙ ЖИДКОСТЬЮ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА МЕТОДАМИ БИОИМПЕДАНСНОГО АНАЛИЗА

*О. А. Жарнова, Н. З. Башун, В. А. Лоташинская, В. В. Вашина*  
 Учреждение образования «Гродненский государственный университет  
 им. Я. Купалы», г. Гродно, Республика Беларусь

Анализируется связь некоторых параметров биологических объектов, полученных методом биоимпедансометрии, а именно скелетно-мышечной массы с общей жидкостью, состоящей из двух компонентов – клеточной и внеклеточной. На основе статистической обработки биоимпедансных параметров составлены регрессионные уравнения для определения скелетно-мышечной массы по содержанию жидкости в организме и активному сопротивлению на частоте 5 кГц тела человека.

### *Введение*

Скелетно-мышечная масса является одним из важнейших параметров для оценки физического развития и работоспособности человека. Ее масса уменьшается с возрастом, так как мышцы уменьшаются в размерах, а кости становятся более хрупкими. Уменьшение массы мышц связано с изменением содержания мышечных волокон в теле человека. Проблема анализа скелетно-мышечной массы с учетом возрастных изменений заключается в том, что существует немного способов ее определения. На современном этапе стало актуальным изучение состава тела человека, которое обладает определенными физическими свойствами из-за наличия в нем различных биологических тканей с использованием биоимпедансного анализа. Биоимпедансный анализ является дешевым и широко ис-

пользуемым подходом в диагностике тела человека, а также применяется в медицине. Используя биоимпедансный анализ, стало возможным легко и быстро определить содержание основных компонентов тела человека, не прибегая к инвазивным процедурам [1]. Биоимпедансный анализ можно отнести к контактным методам измерения электрической проводимости биологических тканей. Самые распространенные методы оценки состава тела человека по параметрам биоимпеданса включают в себя определение жировой, тощей, активной клеточной и скелетно-мышечной масс, а также содержание воды в организме. Оценка скелетно-мышечной массы используется в спортивной медицине наряду с антропометрическими оценками для характеристики физического развития [2].

#### *Цель исследования*

Определить связь между скелетно-мышечной массой, общей жидкостью организма и, при наличии такой связи, составить регрессионные уравнения для оценки скелетно-мышечной массы тела человека по заданным параметрам, полученным методом биоимпедансного анализа.

#### *Материалы и методы исследования*

В исследованиях на добровольной основе принимали участие 143 женщины в возрасте от 36 до 59 лет и 55 мужчин в той же возрастной категории. С использованием анализатора АВС-01 «Медасс» определялись скелетно-мышечная масса, масса внеклеточной жидкости, внутриклеточной жидкости и электрические характеристики: активные и реактивные сопротивления. Принцип работы анализатора АВС-01 «Медасс» заключается в следующем: аппарат работает по четырехэлектродной схеме. На два электрода, которые закреплены на голеностопе правой ноги и запястье правой руки, подается переменное напряжение двух частот: 5 кГц и 50 кГц. Другие два электрода позволяют определить напряжение на выходе, которое снимается и подается в анализатор. Особенность протекания электрического тока по биологическим объектам заключается в том, что ток протекает не вдоль всего тела человека, а только по определенным частям тела. Полученный импеданс цепи будет определяться именно для этой части тела, вдоль которой протекает электрический ток. В ходе обработки экспериментальных результатов и получении основных физиологических параметров состава тела абсолютные значения как для активной, так и реактивной составляющей, будут немного завышены, поскольку электрические сопротивления обратно пропорциональны площадям, через которые протекает ток.

С использованием анализатора АВС-01 «Медасс» по известным антропометрическим и электрическим параметрам определяются внеклеточная жидкость и скелетно-мышечная масса.

Формула для оценки массы внеклеточной жидкости для женщин определяется из соотношения:

$$M_{ВКЖ} = 1.51894 + 0.120451 \frac{L^2}{R_{50}} + 0.0051494 \frac{L^2}{X_{C50}} + 0.101299 \cdot m - 0.0497512 \cdot t, \quad (1)$$

где  $L$  – рост (в см),  $R_{50}$  – активное сопротивление на частоте 50 кГц,  $X_{C50}$  – емкостное сопротивление на частоте 50 кГц,  $m$  – масса тела,  $t$  – возраст человека.

Скелетно-мышечная масса определяется уравнением:

$$M_{СММ} = 4.997 + 0.40095 \cdot \frac{L^2}{R_{50}} - 0.066 \cdot t. \quad (2)$$

*Результаты и обсуждение*

Регрессионные уравнения для оценки скелетно-мышечной массы по параметрам биоимпедансометрии были составлены для одной возрастной группы. В данной возрастной категории наблюдается изменение скелетно-мышечной массы. У всех испытуемых был проведен анализ корреляционных связей между скелетно-мышечной массой и содержанием воды, а также между скелетно-мышечной массой и активным сопротивлением на частоте 5 кГц.

У женщин возрастной категории 36–59 лет коэффициент корреляции между скелетно-мышечной массой и содержанием воды в организме составил  $r = 0,817$ , скелетно-мышечной массой и активным сопротивлением переменному току на частоте 5 кГц коэффициент корреляции  $r = 0,657$ .

В качестве примера приведено уравнение полиномиальной регрессии третьей степени для расчета скелетно-мышечной массы у женщин возрастной категории 36–59 лет:

$$M_{СММ} = 4 - 0.0022m_{ж}^3 + 0.1595m_{ж}^2 - 2.58056m + 38.233, \quad (3)$$

где  $m_{ж}$  – масса общей жидкости в организме, полученная с помощью биоимпедансного анализа.

Регрессионные полиномиальные уравнения второй степени для расчета абсолютной костной массы по параметрам биоимпедансометрии, в частности, активным сопротивлением на частоте 5 кГц.

$$M_{СММ} = 0.8647R_5^2 - 60.482R_5 + 1546, \quad (4)$$

где  $R_5$  – активное сопротивление переменному току на частоте 5 кГц.

У мужчин этой же возрастной категории коэффициент корреляции между скелетно-мышечной массой и общим содержанием жидкости  $r = 0,864$ , скелетно-мышечной массой и активным сопротивлением переменному току на частоте 5 кГц коэффициент корреляции  $r=0,602$ . Из всех возможных методов регрессионного анализа именно данные модели имели наиболее высокий критерий точности аппроксимации. Каждый из вышеперечисленных параметров может быть использован для построения регрессионных моделей оценки скелетно-мышечной массы данных возрастных категорий.

Была проведена проверка достоверности полученных уравнений регрессии для оценки скелетно-мышечной массы по известным параметрам биоимпедансометрии, с использованием контрольного обследования выборки из 50 человек.

*Заключение*

Для женщин и мужчин возрастной категории 36–59 лет проведен анализ связи между скелетно-мышечной массой, общей жидкостью организма и активным сопротивлением тела человека на частоте 5 кГц. Определены регрессионные уравнения связи данных параметров. Коэффициент корреляции между скелетно-мышечной массой и общим содержанием жидкости у мужчин составляет  $r = 0,864$ , у женщин  $r = 0,817$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башун, Н. З. Методы исследования состава тела человека на современном этапе / Н. З. Башун, О. А. Жарнова, А. М. Жарнов // Веснік ГрДУ імя Янкі Купалы. Сер. 5, Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – 2019. – Т. 9, № 1. – С. 119–130.

2. Николаев, Д. В. Биоимпедансный анализ состава тела / Д. В. Николаев [и др.]. – М. : Наука, 2009. – 392 с.

## АРОМАТИЧНОСТЬ И КОНТУР СОПРЯЖЕНИЯ В МАКРОЦИКЛЕ СВОБОДНЫХ ОСНОВАНИЙ КОРРОЛОВ

*Н. Н. Крук<sup>1</sup>, Д. В. Клеицкий<sup>1</sup>, И. В. Вершиловская<sup>1</sup>, Л. Л. Гладков<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи», г. Минск, Республика Беларусь

Молекулы корролов относятся к группе сокращенных тетрапиррольных соединений, поскольку один из метиновых мостиков между пиррольными кольцами макроцикла отсутствует и два соседних пиррольных фрагмента соединены  $C_a-C_a$  связью. При переходе к сокращенному макроциклу корролов правило Хюккеля  $[4n+2]$  для количества электронов в контуре макроциклического сопряжения удовлетворяется, как и для порфиринов, при значениях  $n$ , равных 6, 5 и 4, потому что макроцикл молекулы свободного основания коррола также обладает 26  $\pi$ -электронами. Отсутствие одного атома углерода компенсируется тем, что макроцикл содержит три пиррольных и одно пирролениновое кольцо, по сравнению с макроциклом порфиринов, содержащим по два пиррольных и пирролениновых кольца. Молекулярная структура тетрапиррольного макроцикла с восемью точками ветвления допускает существование нескольких вариантов контура  $\pi$ -сопряжения. Для собственно порфиринов можно предложить несколько контуров сопряжения, содержащих все 26, 22 или 18  $\pi$ -электронов. На основании анализа квантово-химических расчетов предложено, что контур сопряжения, определяющий ароматические свойства молекулы, формируется не одним из вышеупомянутых контуров, а представляет их линейную комбинацию [1]. Различная степень вовлечения отдельных молекулярных фрагментов в формирование макроциклического ароматического контура сопряжения нашла отражение в дифференциации молекул порфиринов и их аналогов, согласно числу  $\pi$ -электронов, в самом коротком возможном контуре сопряжения [2].

Сокращение размеров макроцикла в свободных основаниях корролов приводит к тому, что  $\pi$ -электроны обобществляются меньшим количеством скелетных атомов. Поэтому макроцикл корролов считают  $\pi$ -электронно-избыточным по сравнению с макроциклом порфиринов. Кроме этого, асимметрия макроцикла обуславливает некоторую «неравномерность» распределения скелетных атомов, которая может приводить к определенным изменениям в формировании  $\pi$ -сопряженного макроциклического контура. В результате макроциклический кольцевой ток может по-разному разветвляться в дипиррометеновом и дипиррольном фрагментах макроцикла. Отмечается, что такие различия могут привести к некоторому снижению ароматичности макроцикла корролов [3].